

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-213931

(43)Date of publication of application : 31.07.2002

(51)Int.Cl.

G01B 11/25

G01B 11/24

G06T 1/00

(21)Application number : 2001-009029

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 17.01.2001

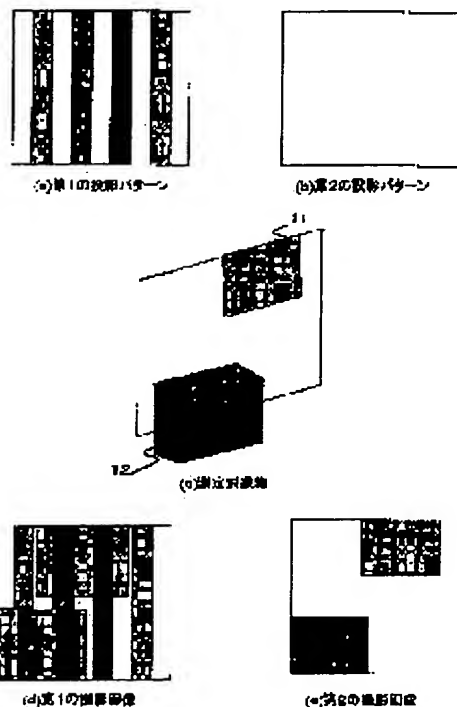
(72)Inventor : EGAWA YUTAKA

## (54) INSTRUMENT AND METHOD FOR MEASURING THREE-DIMENSIONAL SHAPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a three-dimensional shape measuring instrument to efficiently execute a distance-calculating processing based on pattern irradiation images photographed with a plurality of cameras.

SOLUTION: A measuring object is irradiated with light different in patterns, or the patterned light and irradiation light of no pattern as different polarized lights, to be selectively photographed separately with the plurality of cameras, and differential data are obtained based on the photographed images to generate a parallax image. By this constitution, influence of color, reflection difference, a pattern and the like of the measuring object is canceled by one projection and photographing to generate the accurate parallax image, and precise measurement free from the influence of a change is allowed even when the subject has a complicated pattern, even when the subject is a moving body, even when a measuring instrument is moved, and even when an illumination or a projected light is changed with time.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

08.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-213931  
(P2002-213931A)

(43) 公開日 平成14年7月31日 (2002.7.31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 1 B 11/25		G 0 6 T 1/00	3 1 5 2 F 0 6 5
11/24		G 0 1 B 11/24	E 5 B 0 5 7
G 0 6 T 1/00	3 1 5		K

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-9029(P2001-9029)

(22) 出願日 平成13年1月17日 (2001.1.17)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 江川 豊

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 100086531

弁理士 澤田 俊夫 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元形状計測装置および3次元形状計測方法

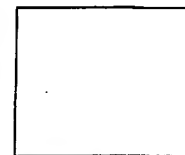
(57) 【要約】

【課題】 複数のカメラによって撮影されたパターン照射画像に基づく距離データ算出処理をより効率的に実行する3次元形状計測装置を提供する。

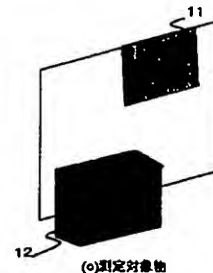
【解決手段】 異なるパターン光、あるいはパターン光とパターンの無い照射光とを異なる偏光として測定対象物に照射し、これらを分離して複数のカメラで選択的に撮影し、撮影画像から差分データを取得して視差画像を生成する。本構成により、1回の投影・撮像で、測定対象物の色、反射率差異、模様などの影響をキャンセルして正確な視差画像が生成でき、複雑な模様を持つ被写体であっても、動く被写体であっても、測定装置が移動していても、また、照明や投影光が時間変化しても、変化の影響を排除した高精度の計測が可能となる。



(a) 第1の投影パターン



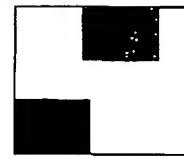
(b) 第2の投影パターン



(c) 測定対象物



(d) 第1の撮影画像



(e) 第2の撮影画像

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】2次元パターンを計測対象に対して投影したパターン画像に基づいて計測対象の距離情報を取得する3次元形状計測装置において、  
少なくとも1つの2次元パターンを含む複数の照射光を、各々が異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射する投光手段と、  
前記複数の照射光が照射された計測対象の像を撮像する撮像手段であり、前記偏光照射光の各々を選択的に撮像し複数の撮影画像を取得する撮像手段と、  
前記撮像手段の撮影した複数の画像に基づいて視差画像を生成し、該視差画像に基づいて前記計測対象の距離情報を求める画像処理手段と、  
を有することを特徴とする3次元形状計測装置。

【請求項2】前記投光手段は、1つの2次元パターンと、パターンを持たない均一照射光の各々を異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射する構成であることを特徴とする請求項1に記載の3次元形状計測装置。

【請求項3】前記投光手段は、複数の異なる2次元パターンの各々を異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射する構成であることを特徴とする請求項1に記載の3次元形状計測装置。

【請求項4】前記画像処理手段は、前記複数の撮像手段の各々の撮影した複数の画像の差分データを算出し、該差分データに基づいて視差画像を生成する構成であることを特徴とする請求項1乃至3いずれかに記載の3次元形状計測装置。

【請求項5】前記画像処理手段は、前記複数の撮像手段の各々の撮影した複数の画像の加算データを算出し、該加算データに基づいて輝度画像を生成する構成であることを特徴とする請求項1乃至4いずれかに記載の3次元形状計測装置。

【請求項6】前記投光手段は、複数の光源と、該複数の光源に対応して設定されたそれぞれが異なる偏光角の出力光を出力する複数の偏光フィルタとを有する構成であることを特徴とする請求項1乃至5いずれかに記載の3次元形状計測装置。

【請求項7】前記投光手段は、それぞれが異なる偏光角の出力光を出力する複数の偏光光源を有する構成であることを特徴とする請求項1乃至5いずれかに記載の3次元形状計測装置。

【請求項8】前記撮像手段は、複数の撮影手段と、該複数の撮影手段に対応して設定されたそれぞれが異なる偏光角の光を通過させる複数の偏光フィルタとを有する構成であることを特徴とする請求項1乃至7いずれかに記載の3次元形状計測装置。

【請求項9】前記撮像手段は、複数の撮影手段と、異なる偏光角の光を分離するビームスプリッタとを有する構成であることを特徴とする請求

項1乃至7いずれかに記載の3次元形状計測装置。

【請求項10】2次元パターンを計測対象に対して投影したパターン画像に基づいて計測対象の距離情報を取得する3次元形状計測方法において、  
少なくとも1つの2次元パターンを含む複数の照射光を、各々が異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射するパターン投光ステップと、  
前記複数の照射光が照射された計測対象の像を撮像する撮像ステップであり、前記偏光照射光の各々を選択的に撮像し複数の撮影画像を取得する撮像ステップと、  
前記撮像ステップにおいて撮影した複数の画像に基づいて視差画像を生成し、該視差画像に基づいて前記計測対象の距離情報を求める画像処理ステップと、  
を有することを特徴とする3次元形状計測方法。

【請求項11】前記パターン投光ステップは、1つの2次元パターンと、パターンを持たない均一照射光の各々を異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射することを特徴とする請求項10に記載の3次元形状計測方法。

【請求項12】前記パターン投光ステップは、複数の異なる2次元パターンの各々を異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射することを特徴とする請求項10に記載の3次元形状計測方法。

【請求項13】前記画像処理ステップは、前記複数の撮像手段の各々の撮影した複数の画像の差分データを算出し、該差分データに基づいて視差画像を生成することを特徴とする請求項10乃至12いずれかに記載の3次元形状計測方法。

【請求項14】前記画像処理ステップは、前記複数の撮像手段の各々の撮影した複数の画像の加算データを算出し、該加算データに基づいて輝度画像を生成することを特徴とする請求項10乃至13いずれかに記載の3次元形状計測方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、輝度情報および距離情報から3次元形状を計測する3次元形状計測装置および3次元形状計測方法に関する。特に、本発明は、被写体に模様、異なる反射率の部位などを有する場合や、被写体または計測装置が動く場合であっても正確に被写体の形状を計測することを可能とした3次元形状計測装置および3次元形状計測方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】3次元形状を取得する手法には、アクティブ手法（Active vision）とパッシブ手法（Passive vision）がある。アクティブ手法は、（1）レーザ光や超音波等を発して、対象物からの反射光量や到達時間を計測し、奥行き情報を抽出する手法や、（2）スリット光などの特殊なパターン光源を用いて、対象表面パターンの幾何学的変形等の画像情報より対象形状を推定するパ

ターン投影方法や、(3)光学的処理によってモアレ縞により等高線を形成させて、3次元情報を得る方法などがある。一方、パッシブ手法は、対象物の見え方、光源、照明、影情報等に関する知識を利用して、一枚の画像から3次元情報を推定する単眼立体視、三角測量原理で各画素の奥行き情報を推定するステレオ視法等がある。

【0003】ステレオ視法は、2つの視点からの撮像画像の違いから視差を計算し、視差に基づいて三角測量により、画像上各点の位置を計算する。被写体の模様(テクスチャ)情報を基に、2つの画像における対応領域を探索する必要があり、処理負荷が大きい問題がある。

【0004】さらに、アクティブステレオ法(パターン投影法)は、ステレオ視法に対し、被写体のテクスチャを既知の単純なパターンに置き換えることで、処理負荷を低減する。2台のカメラではなく、1台のカメラと1台のパターン投光器を用い、投影した2次元投影パターンと撮像パターンの違いから視差を計算する。

【0005】アクティブステレオ法の問題として、撮像パターンと投影パターンを比較する際に、投影パターンに対し撮像パターンが、形状の影響、反射率、模様の影響等の要因で変化する問題がある。被写体が全面で白色である場合は、撮像されるパターンは形状の影響のみにより投影パターンに対して変化する。しかし、被写体が模様を持つ場合、模様の影響による変化を形状の影響として計算すると、誤差要因になってしまう。したがって、被写体を模様のないものに限定しなければならない。

【0006】反射率の差異、模様のある被写体を測定するためには、投影パターンを変えて複数回撮像して、差分を撮ることにより、模様の影響によるパターン変化をキャンセルし、形状の影響によるパターンの変化の成分のみを抽出する手法がよく用いられている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、投影パターンを変えて複数回の投影・撮像により測定を行う方法では、被写体が動く場合や、測定装置が動く場合に正確な測定が困難になるという問題がある。

【0008】また、複数回の撮像を行う際の投影光や環境光のちらつきや時間変化は、画像間の差分を抽出することではキャンセルされずに残ってしまい、誤差要因になる。

【0009】本発明は、上述の問題点を鑑みてなされたものであり、1回の投影・撮像で、測定対象となる被写体の反射率の差異、模様の影響によるパターン変化をキャンセルし、形状の影響によるパターンの変化の成分のみを抽出して正確な被写体形状を計測することを可能とした3次元形状計測装置および3次元形状計測方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の側面は、

2次元パターンを計測対象に対して投影したパターン画像に基づいて計測対象の距離情報を取得する3次元形状計測装置において、少なくとも1つの2次元パターンを含む複数の照射光を、各々が異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射する投光手段と、前記複数の照射光が照射された計測対象の像を撮像する撮像手段であり、前記偏光照射光の各々を選択的に撮像し複数の撮像画像を取得する撮像手段と、前記撮像手段の撮像した複数の画像に基づいて視差画像を生成し、該視差画像に基づいて前記計測対象の距離情報を求める画像処理手段と、を有することを特徴とする3次元形状計測装置にある。

【0011】さらに、本発明の3次元形状計測装置の一実施態様において、前記投光手段は、1つの2次元パターンと、パターンを持たない均一照射光の各々を異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射する構成であることを特徴とする。

【0012】さらに、本発明の3次元形状計測装置の一実施態様において、前記投光手段は、複数の異なる2次元パターンの各々を異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射する構成であることを特徴とする。

【0013】さらに、本発明の3次元形状計測装置の一実施態様において、前記画像処理手段は、前記複数の撮像手段の各々の撮像した複数の画像の差分データを算出し、該差分データに基づいて視差画像を生成する構成であることを特徴とする。

【0014】さらに、本発明の3次元形状計測装置の一実施態様において、前記画像処理手段は、前記複数の撮像手段の各々の撮像した複数の画像の加算データを算出し、該加算データに基づいて輝度画像を生成する構成であることを特徴とする。

【0015】さらに、本発明の3次元形状計測装置の一実施態様において、前記投光手段は、複数の光源と、該複数の光源に対応して設定されたそれぞれが異なる偏光角の出力光を出力する複数の偏光フィルタとを有する構成であることを特徴とする。

【0016】さらに、本発明の3次元形状計測装置の一実施態様において、前記投光手段は、それぞれが異なる偏光角の出力光を出力する複数の偏光光源を有する構成であることを特徴とする。

【0017】さらに、本発明の3次元形状計測装置の一実施態様において、前記撮像手段は、複数の撮像手段と、該複数の撮像手段に対応して設定されたそれぞれが異なる偏光角の光を通過させる複数の偏光フィルタとを有する構成であることを特徴とする。

【0018】さらに、本発明の3次元形状計測装置の一実施態様において、前記撮像手段は、複数の撮像手段と、異なる偏光角の光を分離するビームスプリッタとを有する構成であることを特徴とする。

【0019】さらに、本発明の第2の側面は、2次元パターンを計測対象に対して投影したパターン画像に基づいて計測対象の距離情報を取得する3次元形状計測方法において、少なくとも1つの2次元パターンを含む複数の照射光を、各々が異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射するパターン投光ステップと、前記複数の照射光が照射された計測対象の像を撮像する撮像ステップであり、前記偏光照射光の各々を選択的に撮像し複数の撮影画像を取得する撮像ステップと、前記撮像ステップにおいて撮影した複数の画像に基づいて視差画像を生成し、該視差画像に基づいて前記計測対象の距離情報を求める画像処理ステップと、を有することを特徴とする3次元形状計測方法にある。

【0020】さらに、本発明の3次元形状計測方法の一実施態様において、前記パターン投光ステップは、1つの2次元パターンと、パターンを持たない均一照射光の各々を異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射することを特徴とする。

【0021】さらに、本発明の3次元形状計測方法の一実施態様において、前記パターン投光ステップは、複数の異なる2次元パターンの各々を異なる偏光角を持つ偏光照射光として計測対象に対して照射することを特徴とする。

【0022】さらに、本発明の3次元形状計測方法の一実施態様において、前記画像処理ステップは、前記複数の撮像手段の各々の撮影した複数の画像の差分データを算出し、該差分データに基づいて視差画像を生成することを特徴とする。

【0023】さらに、本発明の3次元形状計測方法の一実施態様において、前記画像処理ステップは、前記複数の撮像手段の各々の撮影した複数の画像の加算データを算出し、該加算データに基づいて輝度画像を生成することを特徴とする。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、図を用いて本発明の3次元形状計測装置および3次元形状計測方法の実施の形態を詳しく説明する。

【0025】[実施例1] 図1に本発明の3次元形状計測装置の一実施形態に係る構成の概要を説明する図を示す。この3次元形状計測装置は、強度または波長についてコード化された複数の異なる投影パターン光を測定対象物10に照射し、複数のカメラの各々において複数の投影パターンから選択された各々の投影パターン画像を取得するものである。

【0026】図1の構成において、3次元形状を測定しようとする測定対象物10には、第1の光源111、第1の偏光板112、第1のハーフミラー131を介して投影部1、110から供給される第1の投影パターンが照射される。この第1の投影パターンは、例えば図2

(a)に示すストライプ状のパターンである。また、第

2の光源121、第2の偏光板122、第1のハーフミラー131を介して投影部2、120から供給される第2の投影パターンが照射される。この第2の投影パターンは、例えば図2(b)に示す均一なパターン(パターンなし)である。

【0027】なお、第1の実施例として、第1の投影パターンとしてストライプパターン、第2の投影パターンとしてパターンを持たない均一照射光とした構成例を説明する。後段の第2実施例として、第1の投影パターンとしてストライプパターンA、第2の投影パターンとして異なるストライプパターンBを用いた例について説明する。

【0028】図1の構成では、第1の光源111、第1の偏光板112、第1のハーフミラー131を介して投影部1、110から供給される第1の投影パターンが照射され、第2の光源121、第2の偏光板122、第1のハーフミラー131を介して投影部2、120から供給される第2の投影パターンが照射される。

【0029】第1のハーフミラー131は、第1の光源111、第1の偏光板112を介して照射される第1の投影パターンの反射光と、第2の光源121、第2の偏光板122を介して照射される第2の投影パターンの透過光が同一光軸に重なるように設けられる。

【0030】第1の投影パターンを照射する投影光路上に設けられた第1の偏光板112と、第2の投影パターンを照射する投影光路上に設けられた第2の偏光板122とは偏光の角度が異なる。例えば第1の偏光板112と第2の偏光板122とは90度異なる偏光成分光を出力する。第1の投影パターンは、第1の偏光板112による偏光成分からなる偏光パターンとして被測定対象物10に照射され、第2の投影パターンは、第2の偏光板122による偏光成分からなる偏光パターンとして被測定対象物10に照射される。

【0031】複数の異なる偏光投影パターンが照射された測定対象物10の画像は、2つのカメラ151、161によって撮影される。

【0032】測定対象物10の画像は、第2のハーフミラー171を通過し、第3の偏光板152を介して第1のカメラ151によって第1の撮影画像が撮影される。また、これと同時に第2のハーフミラー171によって反射され、第4の偏光板162を介して第2のカメラ161によって第2の撮影画像が撮影される。第1のカメラ151によって撮影された第1の撮影画像は、撮込部1、150を介して画像処理部200に出力、格納され、第2のカメラ161によって撮影された第2の撮影画像は、撮込部2、160を介して画像処理部200に出力、格納される。

【0033】第2のハーフミラー171は、第1の撮影画像を撮影する第1のカメラ151と、第2の撮影画像を撮影する第2のカメラ161とが同一光軸に重なるよ

うに設けられる。

【0034】第1の撮影画像を撮影する第1のカメラ151の撮像光路上に設けられた第3の偏光板152と、第2の撮影画像を撮影する第2のカメラ161の撮像光路上に設けられた第4の偏光板162とは偏光の角度が異なる。

【0035】第3の偏光板152は、第1の光源111、第1の偏光板112を介して照射される第1の投影パターンの偏光成分画像を通過させ、第2の投影パターンの偏光成分画像を通過させない。従って、第1のカメラ151は、第1の投影パターン照射画像を撮影することになる。具体的には、例えば第1の投影パターンが図2の(a)に示すようなストライプパターンであり、測定対象物が図2の(c)に示すような物体であった場合、第1のカメラ151の撮影する画像は、図2の(d)に示す画像となる。

【0036】一方、第4の偏光板162は、第2の光源121、第2の偏光板122を介して照射される第2の投影パターンの偏光成分画像を通過させ、第1の投影パターンの偏光成分画像を通過させない。従って、第2のカメラ161は、第2の投影パターン照射画像を撮影することになる。具体的には、例えば第2の投影パターンが図2の(b)に示すようなパターン(パターンなし)であり、測定対象物が図2の(c)に示すような物体であった場合、第2のカメラ161の撮影する画像は、図2の(e)に示す画像となる。

【0037】これらの、第1のカメラ151によって撮り込まれた第1の投影パターン画像は、撮込部1、150を介して画像処理部200に出力、格納され、第2のカメラ161によって撮り込まれた第2の投影パターン画像は、撮込部2、160を介して画像処理部200に出力、格納される。これらの画像に基づいて測定対象物の形状の計測処理が画像処理部200において実行され、計測された形状データに基づく3次元画像が表示部300に表示される。

【0038】図3に画像処理部200の構成を説明するブロック図を示す。画像処理部200は、第1の投影パターン情報を格納する第1の投影パターンメモリ201、第2の投影パターン情報を格納する第2の投影パターンメモリ202を有する。第1の投影パターンメモリ201には、例えば図2(a)のストライプパターンデータが格納され投影部1、101に第1のパターンデータが供給される。第2の投影パターンメモリ202には、例えば図2(b)のパターンデータが格納され投影部2、120に第2のパターンデータが供給される。

【0039】第1のカメラ151によって撮り込まれた第1の投影パターン画像は、撮込部1、150を介して画像処理部200の第1の画像メモリ203に格納される。また、第2のカメラ161によって撮り込まれた第2の投影パターン画像は、撮込部2、160を介して画

像処理部200の第2の画像メモリ204に格納される。

【0040】具体的には、例えば第1の投影パターンが図2の(a)に示すようなストライプパターンであり、測定対象物が図2の(c)に示すような物体であった場合、第1のカメラ151が撮影し、第1の画像メモリ203に格納される画像は、図2の(d)に示す画像となる。また、第2の投影パターンが図2の(b)に示すようなパターン(パターンなし)である場合は、第2のカメラ161が撮影し、第2の画像メモリ204に格納される画像は、図2の(e)に示す画像となる。

【0041】撮像画像処理部205は、これら2つの画像メモリ203、204に格納された画像を比較して、測定対象物の反射率情報を持つ輝度画像と、反射率情報を除去した差分画像としての視差パターン画像を生成する。

【0042】第1の投影パターンとして図2の(a)に示すようなストライプパターン、第2の投影パターンとして図2の(b)に示すようなパターン(パターンなし)とした場合の撮像画像処理部205における処理について図4のフローに従って説明する。

【0043】撮像画像処理部205は、2つの画像メモリ203、204に格納された画像データを入力し、各対応画素値の差分を算出(S101)する。この差分算出処理をすべての画素について実行(S102でYesとなるまで)して、この差分画像データを視差画像として視差パターン画像メモリ206に出力する。

【0044】撮像画像処理部205において2つのパターン画像の差分に基づいて生成される視差パターン画像の例を図5に示す。図5の視差パターン画像は、第1の投影パターンとして図2の(a)に示すストライプパターンを、第2の投影パターンとして図2の(b)に示すようなパターン(パターンなし)を(c)に示す測定対象物にそれぞれ異なる偏光成分光として照射し、図2の(d)に示す画像と図2の(e)に示す画像とを2つのカメラで撮影してこれらの画像データの差分により生成される視差画像である。

【0045】図5に示すように、2つの撮像パターンの差分をとることにより、被写体反射率の影響をキャンセルすることが可能となる。図2(c)の例では、測定対象物に異なる反射率を持つ着色領域11、あるいは構成物12が存在するが、第1の投影パターンの撮影画像である図2(d)の画像から、第2の投影パターンの撮影画像である図2(e)の画像の各画素において差分をとることで、着色領域11、あるいは構成物12の影響を取り除くことが可能となる。この結果、図5に示すように純粋な視差画像が生成可能となる。

【0046】形状計算処理部207は、視差パターン画像メモリ206に格納された視差パターン画像に基づいて測定対象物の形状計算を実行する。

【0047】図6を用いて形状計算処理部207において実行される形状計算処理について説明する。形状計算処理部207では、視差パターン画像からストライプパターンを抽出し、各ストライプにおける色や輝度の情報を検出し、この検出した情報と、投影パターンメモリ201に記憶された投影パターンにおけるストライプパターンの色や輝度と比較して、投光器からのスリット角 $\theta$ \*

$$Z = (F \times L) / (x + F \times \tan \theta) \quad \dots (1)$$

【0049】上記式に基づいて、測定対象物の距離データ、すなわち形状データが算出され、算出された形状データとしての距離画像が形状データメモリ208に格納される。

【0050】また、輝度画像メモリ209には、パターン無しの照射画像が格納される。この例の場合、第2の画像メモリ204の画像が輝度画像としてそのまま使用可能である。

【0051】形状計算処理部207で生成され形状データメモリ208に格納された距離画像は、統合処理部210でポリゴン化し、輝度画像メモリ209に記憶された輝度画像をテクスチャマッピングして3次元画像が生成され、表示部300へ出力することにより測定対象物の3次元形状が表示される。

【0052】図7は、人物を撮像したときの(a)輝度画像と(b)距離画像の一例を示す。この距離画像は、カメラの受光部から対象物各点までの距離を各画素値とし、2次元に配列したものである。これらを画面上で表示する方法として、例えば、輝度の大小で表現することができ、紙面手前側の領域における輝度を大にし、紙面奥方向に輝度が小になるように表現しても良い。

【0053】統合処理部210では図7(b)に示すような距離画像に基づいて、ポリゴン化を実行し、生成したポリゴンデータに輝度画像メモリ209に記憶された輝度画像をテクスチャマッピングして3次元データを生成して表示出力部へ出力する。

【0054】このように、本発明の3次元形状計測装置によると、2つのカメラで同時に撮像したデータに基づいて正確な距離情報を取得することが可能となり、従来の測定手法に比較して測定時間を短縮することが出来る。また、測定対象物の反射率の差異を除去するための特殊な設備が不要であるため、コストを抑えることが出来る。

【0055】[実施例2]次に、第2実施例として、第1の投影パターンとしてストライプパターンA、第2の投影パターンとして異なるストライプパターンBを用いた例について説明する。

【0056】図8に2つの異なる投影パターン、測定対象物、2つの撮影画像の例を示す。測定対象物に照射される2つの異なる投影パターンは、例えば図8(a)に示すストライプ状のパターンと(b)に示すストライプ状のパターンである。パターン上部の数値は、各パター

\*を算出する。図6のように、各ストライプのスリット角 $\theta$ と、カメラの結像面上に撮像された画像上のx座標とカメラパラメータである焦点距離Fと基線長(距離)Lから、次の式(1)によって測定点Aまでの距離Zを算出する。

【0048】

【数1】

※Nに割り当てられたコードであり、8つの異なるコードを用いた例を示している。コードは、例えば異なる明度によって異なるコードを割り当てたり、あるいは異なるカラーを異なるコードとして割り当ててもよい。

【0057】なお、図8(a)に示すストライプ状のパターンと(b)に示すストライプ状のパターンの各々は、各パターンの和がすべて同一、ここではコード値の加算値がすべて「9」になるようにしてある。これは輝度画像の生成を2つのパターン撮影画像の加算処理によって簡易に求めるためである。この処理については後述する。

【0058】実施例1で説明した図1と同様の構成において、第1の光源111、第1の偏光板112、第1のハーフミラー131を介して投影部1、110から供給される図8(a)に示す第1の投影パターンが照射され、第2の光源121、第2の偏光板122、第1のハーフミラー131を介して投影部2、120から供給される図8(b)に示す第2の投影パターンが照射される。

【0059】測定対象物10の画像は、第2のハーフミラー171を通過し、第3の偏光板152を介して第1のカメラ151によって第1の撮影画像が撮影される。また、これと同時に第2のハーフミラー171によって反射され、第4の偏光板162を介して第2のカメラ161によって第2の撮影画像が撮影される。測定対象物が図8(c)に示すような物体であった場合、第1のカメラ151の撮影する画像は、図8(d)に示す画像となる。また、第2のカメラ161の撮影する画像は、図8(e)に示す画像となる。

【0060】画像処理部200の2つの画像メモリ203、204の各々には、図8(d)、(e)の画像データが格納される。撮像画像処理部205は、これら2つの画像メモリ203、204に格納された画像を比較して、測定対象物の反射率情報を持つ輝度画像と、反射率情報を除去した差分画像としての視差パターン画像を生成する。

【0061】撮像画像処理部205における処理について図9のフローに従って説明する。図9には、(a)差分画像(視差画像)の生成処理フローと、(b)和画像(輝度画像)の生成処理フローを示す。

【0062】まず、(a)差分画像(視差画像)の生成処理について説明する。撮像画像処理部205は、2つの画像メモリ203、204に格納された画像データを



入力し、ステップS201において各対応画素値の差分を算出し、さらに、ステップS202において予め2つのパターンデータの持つコード値総計（ここでは9）を加算し、ステップS203において2で割る処理を実行し、これらの処理をすべての画素について実行（S204でYesとなるまで）する。その結果、図10（a）に示す視差画像データが生成される。

【0063】ここでは、図8（e）の画像から（d）の画像のコードを減算する処理として説明する。例えば、図8（c）に示すような着色領域11、あるいは構成物12により反射率が異なり、これらの領域にあるコードのパターンを照射した場合にそれぞれ照射コードに対して着色領域11： $+\alpha$ 、構成物12： $+\beta$ の影響をもたらすとする。

【0064】この場合、図8（a）の第1の投影パターンを照射画像の撮影画像として取得される図8（d）の画像において、右から3番目の領域は、本来コード2のデータが得られるが、着色領域11の領域では、コード $2+\alpha$ が得られることになる。また、左から2番目の領域は、本来コード4のデータが得られるが、構成物12の領域では、コード $4+\beta$ が得られることになる。また、図8（b）の第2の投影パターンを照射画像の撮影画像として取得される図8（e）の画像において、右から3番目の領域は、本来コード7のデータが得られるが、着色領域11の領域では、コード $7+\alpha$ が得られることになる。また、左から2番目の領域は、本来コード5のデータが得られるが、構成物12の領域では、コード $5+\beta$ が得られることになる。

【0065】このように、図8（d）、（e）の画像の各々は、着色領域11、あるいは構成物12の影響を受けた画像となる。

【0066】これらの2画像からまず差分を計算する。図10の（a）には、右から3番目のパターンについての計算処理例を示している。測定対象物の下部の着色領域11以外の部分では、「 $7-2$ 」が計算され、また、測定対象物の上部の着色領域11の部分では、「 $(7+\alpha)-(2+\alpha)$ 」が計算される。さらに、2つのパターンデータの持つコード値総計（ここでは9）を加算し、この値を2で除する処理を実行する。この結果、右から3番目のパターンの下部の着色領域11以外の部分では、「 $7-2+9=7$ 」が算出され、また、測定対象物の上部の着色領域11の部分では、「 $\{(7+\alpha)-(2+\alpha)+9\}/2=7$ 」が算出される。結果として着色領域の影響がキャンセルされる。

【0067】これは構成物12についても同様であり、構成物12の持つコードに対する影響値： $\beta$ がキャンセルされることになる。その結果、着色領域11、あるいは構成物12の影響が取り除かれ、図10（a）に示すような純粋な視差画像が生成される。

【0068】一方、輝度画像の生成は、図9（b）和画

像（輝度画像）の生成処理によって実行される。まず、撮像画像処理部205は、2つの画像メモリ203、204に格納された画像データを入力し、ステップS301において各対応画素値の和を算出し、さらに、ステップS302において2で割る処理を実行し、必要であれば画像全体に対する均一な輝度調整を実行する。これらの処理をすべての画素について実行（S303でYesとなるまで）する。その結果、図10（b）に示す輝度画像データが生成される。

【0069】図10の（b）には、右から3番目のパターンについての計算処理例を示している。測定対象物の下部の着色領域11以外の部分では、「 $(7+2)/2=4.5$ 」が計算され、また、測定対象物の上部の着色領域11の部分では、「 $\{(7+\alpha)+(2+\alpha)\}/2=\alpha+4.5$ 」が算出される。4.5は、すべての領域において均一なコード値であり、このコード値が輝度データとして不要であれば、4.5をキャンセルするために画像全体に対する均一な輝度調整を実行する。なお、予め調整の不要な値としてパターン設定することにより輝度調整は省略可能である。

【0070】このように撮像画像処理部205は、視差画像、輝度画像を生成し、それぞれ視差パターン画像メモリ206、輝度画像メモリ209に格納する。形状計算処理部207は、視差パターン画像メモリ206に格納された視差パターン画像に基づいて測定対象物の形状計算を実行し距離画像を生成する。形状計算は、実施例1で説明した図6の距離（形状）計算理論によって実現される。

【0071】形状計算処理部207で生成され形状データメモリ208に格納された距離画像は、統合処理部210でポリゴン化し、輝度画像メモリ209に記憶された輝度画像をテクスチャマッピングして3次元画像が生成され、表示部300へ出力することにより測定対象物の3次元形状が表示される。

【0072】このように、本発明の3次元形状計測装置によると、2つのカメラで同時に撮像したデータに基づいて正確な距離情報を取得することが可能となり、従来の測定手法に比較して測定時間を短縮することが出来る。また、測定対象物の反射率の差異を除去するための特殊な設備が不要であるため、コストを抑えることが出来る。

【0073】[その他の実施例] 上述した実施例では、図1を用いて説明したように、2つの異なるパターン投影のために、異なる角度の偏光を出力する2つの偏光板を用い、一方、撮影手段にも異なる角度の偏光を通過させる2つの偏光板を用いた構成例を示した。この他にいくつかの構成例が適用可能であり、それらの代表的構成例について図11を用いて説明する。

【0074】図11（a）、（b）は、異なる複数のパターン照射を実現する構成であり、（c）、（d）は、